

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
in this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 3月21日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-078847

出 願 人

Applicant(s):

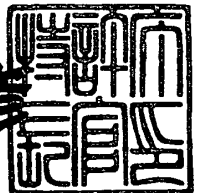
山本 昌宏

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 6月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-304191

【書類名】 特許願

【整理番号】 10070-P

【提出日】 平成12年 3月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 1/00  
G03F 7/00  
H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市宮前区土橋4-11-4 パークヒルズ  
鷺宮304

【氏名】 山本 昌宏

【特許出願人】

【識別番号】 599120691

【氏名又は名称】 山本 昌宏

【代理人】

【識別番号】 100106220

【弁理士】

【氏名又は名称】 大竹 正悟

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 076876

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ラインプロファイルから測長対象位置を求めるクリティカルディメンション測長により、2次元パターンの形状測定を行うようにした2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項2】 2次元パターンを撮像して得られた画像パターンと設計パターンとのマッチング検出による測定箇所特定機能をもつ請求項1記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項3】 測定前に欠陥検出を実行する請求項2記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項4】 2次元パターンの設計値に対する倍率変動を測定する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項5】 2次元パターンの設計値に対する位置ずれを測定する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項6】 2次元パターンの面積を測定する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項7】 2次元パターンの円形度を測定する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項8】 2次元パターンのモーメントを測定する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項9】 2次元パターンの周囲長を測定する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項10】 2次元パターンの設計値に対する重心の位置ずれを測定する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項11】 2次元パターンの終端の設計値に対する位置ずれを測定す

る請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項12】 2次元パターンのコナーの曲率半径を測定する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項13】 2次元パターンの複数箇所を所定の倍率で撮像して得た画像パターンによる測定結果から、当該倍率では全体を撮像できないサイズの前記2次元パターンの形状測定を行う請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項14】 撮像範囲にある複数のパターンの同時測定を行う請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項15】 撮像範囲にある2次元パターンを、所定の抽出ルールに従って自動的に抽出する請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【請求項16】 指定範囲を自動的に撮像し、該撮像範囲にある2次元パターンを、所定の抽出ルールに従って自動的に抽出した後、該抽出された2次元パターンの形状測定を行う請求項1～3のいずれか1項に記載の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、設計データに従い作成された回路パターンの寸法管理用マイクロスコープ、特に、ICや液晶パネル、マイクロマシニングなどの微細パターン及びそのパターン作成用のマスク（レチクル）を検査するための寸法管理用マイクロスコープに関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、半導体集積回路の製造工程におけるウェーハのパターン線幅管理用に、

CD-SEM (Critical Dimension Scanning Electron Microscope) が用いられている。このCD (クリティカルディメンション) - SEMは、ショットと呼ばれるステッパの一転写単位ごとに、指定された位置にある直線パターンの線幅をラインプロファイルを使って自動的に測長するものである。この測長を、1ロットあたり数枚のウェーハにおける数ショットに対して数ヶ所実施し、ステッパの転写機能が正常かどうか、nm単位で管理することができる。

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

回路パターンの管理としては線幅以外にも、配線終端の縮み、孤立パターンの位置なども重要であるが、CD-SEMの自動測長機能は1次元対応で線幅など長さしか測定できない。したがって、これら2次元形状の測定は、CD-SEMから得られた画像を操作者が目視することにより実施されている。

## 【0004】

近年、集積回路のパターン幅は露光プロセスで使用する光源波長程度か、もしくはそれを下回るほどになってきており、このようなパターン形成には、光近接効果補正 (Optical Proximity Correction: OPC) を使う方法が採用されている。これは、設計パターン (CADパターン) にOPCを施したOPCパターンをマスクに形成し、これにより露光することで、製造されるウェーハの実パターンを設計パターンにできるだけ近づける技術である。この補正で直線パターンの線幅を確保するのはもとより、コーナーや孤立パターンの形状形成にも重要な役目を担っている。またさらに、動作周波数の向上により現在では、ゲート線幅に加えて、エンドキャップやフィールドエクステンションと呼ばれるゲート配線パターンの先端や付け根の形状管理も重要になってきている。

## 【0005】

このような2次元パターンの形状測定は、製造工程での抜き取り検査でも、試作段階でも重要であり、特に試作段階では、ウェーハ全面についてパターン形成の検査が必要とされる。しかし、上述のように2次元形状の管理は人的作業によっているのが現状で、正確性、生産性の面から自動化が求められている。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

この課題を解決するため本発明では、ラインプロファイルから測長対象位置を求めるクリティカルディメンション測長により、2次元パターンの形状測定を行うようにした2次元クリティカルディメンションマイクロスコプを提供する。

## 【0007】

ラインプロファイルから測長対象位置を求めるには、直線近似法やしきい値法など各種開示されているが、その中のしきい値法を一例として、クリティカルディメンション測長を2次元パターンの形状測定へ発展させる本発明について説明する。これには2通りのやり方が考えられる。

## 【0008】

その1つは、プロファイルを取る方向、位置を、設計パターンに対して予め設定するというものである。

## 【0009】

図1Aに示すように、CADなどの設計パターンは通常、鋭角をもった多角形（図中点線）である一方、実際に形成される回路パターンはコーナーに丸みがつく。そこで、図のようにコーナーの丸みを考慮した丸み付き設計パターン（図中実線）を想定し、その断面方向（垂直方向）に所定長さのサンプリング長を多数決定しておく（図中二重線）。又は、このような丸みをつけた設計パターンの代わりに、光強度シミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線を使用する方式も可能である。

## 【0010】

実パターンの画像を取得する装置にはSEM（電子線画像）や、光学顕微鏡、レーザ顕微鏡、フォーカスイオンビーム顕微鏡、プローブ顕微鏡など各種装置を利用できる。これらによる撮像で得られた画像パターンとCADによる設計パターンとのマッチング検出には、特願平11-239586号の「パターン検査方法」を利用することができる。

## 【0011】

このマッチング検出を使えば、測定前に欠陥検出を行うことができる。欠陥がある場合にはパターン測定を行っても無駄であるし、測定不能でエラーとなって

装置が停止してしまうことを防ぐことができる。

【 0 0 1 2 】

実パターンの測定時には、上記のサンプリングラインに沿って検査対象の2次元パターンのプロファイルを作成する。プロファイルは、双一次補間やスプライン補間などの手段を使いサブピクセル精度で求められ、図1Bに示すように、そのプロファイル中の最大値Vをもつ位置P（パターンエッジ部分に対応する）を求め、その最大値Vに係数kをかけたしきい値Tを求める。このしきい値Tとプロファイルとの交点を出し、パターン外側に該当する交点Qを求める。このときの係数kは線幅管理部位を決定する役割をもつ。すなわち、ウェーハに形成された実際の配線の断面形状は台形状をなすので、その線幅管理を台形の上辺で行うのか、下辺で行うのか、あるいは中間部で行うのか、係数kにより調整することができる。

【 0 0 1 3 】

続いて図1Cに示すように、各サンプリングラインごとに求められる多数の交点Qにつき、たとえば最小自乗法と2次元スプライン関数を使った平面データの平滑化による曲線近似を行えば、2次元パターンの形状が測定される。

【 0 0 1 4 】

次に、これとは異なるもう1つのやり方として、プロファイルを取る方向、位置を可変にして測定時に決定するものがある。すなわち、測定対象の2次元パターンを撮像して得られた画像パターンと設計パターンとの上述のようなマッチング検出による測定箇所特定機能をもつものである。これは上述の第1の手法に比べ、パターンの変形に追従しやすい。

【 0 0 1 5 】

画像パターンとCADによる設計パターンとのマッチング検出により、CADデータと画像のエッジとが対応づけられるので、図2Aに示すように実際の2次元パターン（実線）が設計パターン（点線）からずれていたとしても、測定対象の箇所を特定しそのパターンエッジを求めることができる。そして図2Bに示すように、検出された2次元パターンの断面方向（垂直方向）に、上述の手法と同じく所定サンプリング長のプロファイルを作成していき、後は同様の処理を行う

## 【0016】

以上のような本発明の2次元クリティカルディメンションマイクロスコープによれば、2次元パターンを正確に自動測定することができるので、線幅以外にも、撮像で得られた画像パターンから、2次元パターンの設計値に対する差異、たとえば、パターンの倍率変動、面積、円形度、モーメント、周囲長、孤立パターンの重心の位置ずれ、終端先頭の位置ずれ、コーナーの曲率半径を測定可能である。

## 【0017】

また、ステッパの面内位置ずれなど広範囲の位置関係の測定を行いたい場合は、2次元パターンの複数箇所を所定の倍率、つまり高い倍率で撮像して得た画像パターンによる測定結果から、当該倍率では全体を撮像できないサイズの前記2次元パターンの形状測定を行うこともできる。すなわち、検査する2次元パターンを部分的に撮像した高倍画像を組み合わせた測定を実施することが可能である。

## 【0018】

以上の測定は、1カ所ずつそれぞれ行うのではなく、1撮像範囲内（視野内）の複数の箇所に対し同時（一度の撮像で）に適用することも可能である。また、撮像範囲にある2次元パターンを、所定の抽出ルールに従って自動的に抽出するようにしておけば、測定対象パターンの自動検出が可能である。またさらに、オペレータの入力などによる指定範囲を自動的に撮像し、該撮像範囲にある2次元パターンを、所定の抽出ルールに従って自動的に抽出した後、該抽出された2次元パターンの形状測定を行うようにしておけばフルオート化ができ、量産ラインへの投入もより容易である。その抽出ルールとしては、所定角度をもって交わる2線分をパターンコーナーとみなすなど、各種ルールの設定が可能である。

## 【0019】

## 【発明の実施の形態】

以下に、撮像装置としてCD-SEMを使用し、上述の特願平11-239586号の方法を適用した2次元クリティカルディメンションマイクロスコープの



例を説明する。

【0020】

まず、特願平11-239586号で述べてあるように、レシピと称される検査パラメータの組を設定する。そのパラメータとしては、検査対象とするサンプルの画像取得のステップ距離（画素間隔）と、 $512 \times 512$  や  $1024 \times 1024$  などの画素数がある。これらの値から、一度に処理すべき画像の画角距離を把握することができる。また、エッジ検出のためのパラメータと、欠陥を認識するためのパラメータとを設定する。実パターンと比較するデータとしては、たとえばGDS形式のCADレイアウトデータを使用可能で、レイアの融合や部品展開が行われる。必要があれば、管理したい形状相当部分になるように、線幅の補正などを行い使用する。このデータは、測定対象とする画素中心位置の座標データに対応する部分にステージの誤差分を加えたエリアをクリッピングし、ハードディスクなどのマスストレージに予め蓄積する。このデータは、以降の処理に都合の良い形態で格納される（特願平11-239586号ではこれを参照パターンと呼ぶ）。このとき、測定対象の視野に比べて広範囲の位置ズレ補正を行いたい場合など、高倍画像を組み合わせた測定をしたい場合は、位置あわせ用の低倍用のデータと、測定対象となる高倍用のデータとの2種類を準備する。

【0021】

本例の装置は、上述の2通りのやり方、すなわち、プロファイルを取る方向、位置を、設計パターンに対して予め設定する手法、たとえば、視野中のプロファイル取得ポイントを手作業で指定する手法と、プロファイルを取る方向、位置を可変にして測定時に決定するという測定個所の自動特定手法と、を可能としてあり、次の情報が必要になる。①設計パターン上の測定対象となる位置と、測定手段（しきい値法を使うかなど）。②プロファイルを取る方向、位置を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグ。③工程異常を表示したい場合は、変化量、もしくは変化率の上限下限。

【0022】

視野中の全パターンを測定対象にすることを可能とする場合であれば、パターンのコーナー、直線部分、終端、あるいは孤立パターンを自動的に認識するため

の抽出ルールも必要となる。

【0023】

本例では検査対象の画像生成にCD-SEMを使用する。このCD-SEMとCADとの変換式は、CADナビゲーションで実施されるもので実施可能である。すなわち、CAD（設計データ）に対応する実パターンを観察するためにCADナビゲーションと呼ばれる方法が知られ、CADデータベースと撮像装置をつなげる機能をもったコンピュータシステムで実現されている。CADナビゲーションは、CADデータが使用している座標系と実ウェーハ観察位置を管理する座標値との変換係数を求めた後に、CADデータ上の観察したい座標値を実ウェーハの観察位置を管理する座標値に変換し、その位置へ撮像装置の視野を移動させて、その位置の画像を入手する方法である。

【0024】

測定対象とする位置の座標データにCD-SEMの視野が移動されると、その中心位置に基づいて対応する設計パターンを呼び出し、マッチングおよび欠陥検出が実施される。このときに特願平11-239586号の「パターン検査方法」が使用される。これにより、測定対象箇所に異物など欠陥があれば、異常情報を出力して終了し、なければ測定を行う。これには、欠陥のある箇所の測定をしても有効な数値を得られないばかりか、測定計算で計算不能になる可能性があるので、このようなエラーを防止する効果がある。

【0025】

この後の2次元パターンの形状測定は、CD-SEMのラインプロファイル法を2次元に拡張したものである。このときに、低倍画像の一部分を電磁的に高倍画像で観察できる機能をもったSEMの場合は、高倍画像では入りきらないパターンも測定可能である。また、高精度ステージが実装されている場合は、異なるステージ位置での測定を組み合わせることで広範囲の距離測定が可能である。さらに、測定部位を連続的に移動させながら指定範囲を測定する自動撮像、測定機能をもつようにもできる。

【0026】

以下、具体的に過程を追って説明する。

## 【 0 0 2 7 】

図 3 に示すように（より詳しくは特願平 1 1 - 2 3 9 5 8 6 号参照）、検査開始にあたってオペレータは、レシピ指定するための品種、プロセス、検査モードと、ウェーハを特定するためのスロット番号とを検査部に入力する。これに従い検査部は、その入力に基づいてレシピデータベース格納部から検査パラメータの組であるレシピを取得する。そして画像生成部に対し、検査に必要な画像取得方法を指示する。これに応じて画像生成部で検査対象画像データが取られると、画像と画像の中心位置とが検査部に出力される。検査部は、得られた検査対象画像データと参照パターンとを実時間で照合して、欠陥が検出されれば、欠陥位置・サイズ情報及び画像が欠陥種認識部に出力される。欠陥種認識部は、欠陥種を特定した後、出力部を経由して、パターン変形量情報、欠陥情報（欠陥位置、サイズ、欠陥種、画像）を CRT、プリンタ、画像データベース、シミュレータなどの出力形式に変換して出力する。一方、欠陥が検出されなければ、形状測定が実施される。

## 【 0 0 2 8 】

本例では画像生成部が CD-SEM であり、CAD データの座標系を変換した座標系で管理された画像信号を出力する。なお、SEM に限らず、光学顕微鏡、レーザ顕微鏡、フォーカスイオンビーム顕微鏡、プローブ顕微鏡などでも同様の形態を実現できる。

## 【 0 0 2 9 】

レシピ作成は、具体的に次の手順で行われる。

## 【 0 0 3 0 】

（１）オペレータの入力により、検査対象サンプルの品種、プロセス、検査モードを指定するパラメータ、検査箇所、画像画角、画素数、及び、検査対象サンプルの配線パターン幅、画質から経験的に決められるエッジ検出パラメータを得る。（２）品種、プロセスをキーとして基幹データベースを検索し、参照パターン生成部に該当の設計データをダウンロードする。（３）設計データに対しレイヤのマージ、部品展開などを施して、検査サンプルから得られる画像に相当する線分データを生成する。（４）測定対象となる部位と測定手段を入力する。（５）

(4) の測定部位ごとに、検査サンプルの画像の画角+ステージ誤差分の大きさをもった領域についてダウンロードした設計データをクリッピングし、参照パターンを作成する。画像のパターン内部を確認できるようにする場合は、生成される線分に対し、パターン内部を右手に見るように方向付けを行う。(7) (6) で得られたデータを画像の中心座標で管理できるようにし、レシピデータベース格納部に登録する。(8) 画像画角、画素数、エッジ検出パラメータもレシピデータベース格納部に登録する。登録時には、品種、プロセス、検査モードがキーになる。

## 【0031】

また、本例の場合、測定情報として次の事項も設定する。①設計パターン上の測定対象となる位置と、測定手段(しきい値法を使うかなど)。②プロファイルを取る方向、位置を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグ。③測定の対象値(倍率変動、位置ずれなど)。④工程異常を表示したい場合は、変化量もしくは変化率の上限下限。⑤視野中(撮像範囲)の全パターンを測定対象にすることを可能とする場合であれば、後述するパターンのコーナー、直線部分、終端、あるいは孤立パターンを自動的に認識するための抽出ルール。

## 【0032】

測定は、次の手順で行われる。

## 【0033】

(1) オペレータから品種、プロセス、検査モード、スロット番号の入力を得る。(2) ウェーハ搬送、アライメント、光学系の調整を画像生成部に指示する。(3) 検査順序、画角、画像サイズを画像生成部に指示する。(4) 画像生成部に測定個所の画像を出力させる。(5) 画像生成部から得られた検査画像の位置に対応した参照パターンを取得する。(6) 画像生成部から得られた検査画像と参照パターンを照合する。(7) 欠陥検出を行う。(8) 欠陥が検出された場合は欠陥種分類部に情報を出力する。(9) 欠陥が検出されなかった場合は、2次元パターンの形状測定が実行される。(10) 測定の結果、欠陥情報、パターン形状測定結果を出力部に出力する。(11) 出力部は、パターン変形量情報、欠陥情報、パターン形状測定結果をCRT、プリンタ、画像データベース、シミュ

レータなどの出力形式に変換して出力する。

【 0 0 3 4 】

この測定手順（９）の本発明に係る２次元パターンの形状測定は、具体的に下記過程で実行される。

【 0 0 3 5 】

上述のように、ラインプロファイルから測長対象位置を求めるには、しきい値法、直線近似法、曲線近似法などの手段が開示されている。本例ではこのうちしきい値法を採用している。もちろん、そのしきい値法を、直線近似法や曲線近似法など別の手段に置き換えても同様に処理が可能である。

【 0 0 3 6 】

本例の装置で、上述のプロファイルを取る方向、位置を予め設定しておく手動式とする場合は、レシピ作成時に次の測定個所及び方式を設定してある。

【 0 0 3 7 】

この場合、上述のレシピ項目の②プロファイルを取る方向、位置を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグがオフとしてあり、プロファイルを取る方向、位置が、設計パターンに対して予め設定されることになる。ＣＡＤによる設計パターンは通常、鋭角をもった多角形である一方、実際に露光される実パターンは角が丸くなるので、設計パターンにおいて図４Ａのようにコーナー部分に円、楕円、直線、もしくは他の方法で記述した曲線を適用し、実パターンに近くなるように補正する。これによる直線曲線群をラインプロファイルを取る区間の midpoint の軌跡とする。この他にも図４Ｂのように、光強度シミュレータで得られた露光パターンの外形を形成する曲線を使用する方法もある。

【 0 0 3 8 】

一方、上述のレシピ項目の②プロファイルを取る方向、位置を可変にして測定時に決定するかどうかのフラグがオンになっている場合は、画像のエッジを使って、プロファイルを取る方向、位置を可変にして測定時に設定する方式となる。本例の場合は、上述のパターン検査方法による測定個所自動特定機能を備えているので、マッチング処理により、ＣＡＤデータと画像のエッジが対応づけて得られている。これから測定対象となる設計パターンに対応する画像パターンのエッ

ジを求め、このエッジに対する断面方向に、次のようにして所定長さのプロファイルを多数作成することになる（図2参照）。

## 【0039】

撮像された実パターンに対し断面方向に、所定長さのプロファイルを所定の間隔で作成していく。その間隔は通常ピクセルサイズ以下の任意の値とし、長さ（サンプリング長）はパターンの変形許容量に相当する任意の値とする（図2B）。プロファイルは、双一次補間やスプライン補間、フーリエ級数を使うなどの手法を使いサブピクセル精度で求められる。プロファイルのサンプリングステップは、通常ピクセルサイズ以下の任意の間隔を採用する。図5に、双一次補間法を使った例を示す。なお、図中の二重線がプロファイルを取る方向であり、格子の交点は画素の位置、黒点はプロファイルのサンプリングポイントを示す。また、図5Bは図5A中のプロファイル方向の1つを拡大した図、図5Cは図5Bの部分拡大図である。

## 【0040】

双一次補間法とは、図示のように  $(0, 0)$   $(0, 1)$   $(1, 0)$   $(1, 1)$  で示された画素の輝度値  $I(0, 0)$ 、 $I(0, 1)$ 、 $I(1, 0)$ 、 $I(1, 1)$  を使って、位置  $(x, y)$ 、 $(0 < x \leq 1, 0 < y \leq 1)$  にあるサンプリングポイントの輝度値  $I(x, y)$  を次の計算式で計算するものである。 $I(x, y) = [I(0, 0)(1-x) + I(1, 0)x](1-y) + [I(0, 1)(1-x) + I(1, 1)x]y$

## 【0041】

これにより得られたプロファイルからしきい値法を適応して観測点を決定する。図6に示すように、得られたプロファイルの中の最大値  $V$  とその位置  $P$  を求める。その最大値  $V$  に予め指定された係数  $k$  をかけた数値をしきい値  $T$  とし、該しきい値  $T$  の直線とプロファイル曲線との交点を求める。これらの交点で、点  $P$  からパターンの外側方向にあり、最も点  $P$  に近い交点  $Q$  を求める。この交点  $Q$  を、多数のプロファイルにつきすべて決定する。

## 【0042】

多数の交点  $Q$  が求められると、外形を直線近似する。方法としては図7に示す

ように、T. Pavlidis and S. L. Horowitz : "Segmentation of plane curves", IEEE trans. on Computers, vol. C-23, no.8 Aug., 1974で開示された分割融合法や、市田、吉本、清野、"平面曲線の平滑化"、情報処理、18(1977)で開示された最小自乗法と2次元スプライン関数を使った平面データの平滑化による曲線近似法を使用可能である。分割融合法による多角形近似は、高速に処理できるが曲線形状を多く含むものには柔軟性がない。一方、最小自乗法と2次元スプライン関数を使った平面データの平滑化による曲線近似は、高速性を満たし且つ柔軟性をもつ特性がある。これら以外にも、フーリエ記述子による方法など各種の方法が開示されており、これらでも置き換え可能である。

## 【0043】

これにより形状が測定されると、次の検査を行うことができる。これは上述のレシピ項目の③測定の対象値（倍率変動、位置ずれなど）に従い選択される。

(1) パターンの倍率変動……倍率を変化させたCADデータとのマッチングの度合いで求められる。

(2) パターンの位置ズレ……図8に示すように、設計パターンから、測定された実パターンまでの距離（設計パターンに対し垂直方向）である。検査箇所は1点でなくともよく、任意の幅をもった区間について距離の平均、最大最小値、中央値、標準偏差など他の統計量で表現してもよい。図8では、短い線分について図示したが、長い線分、コーナー、パターンの結合部分でも同様に行える。また、コーナーなどは、コーナーのなす角度の半分の角度（あるいは指定した角度）をもつ方向への距離を測定するなど各種の方式がある。

(3) 孤立パターンの面積、円形度、モーメント、周囲長などの各種特徴量……たとえば、高木監修：画像処理ハンドブック、p580～581などに記載されている。重心位置のずれとは、設計パターンの重心と、測定された実パターンの外形からなる閉図形の重心とのズレを言う（図9）。

(4) 終端先頭の位置ズレ……測定された実パターンの外形線において設計パターンの終端に最も近い点と、設計パターンの終端を形成する直線の中点との距離を言う（図10）。

(5) コーナーの曲率半径……測定された実パターンにおいて、設計パターンの

コーナー部分に対応する部分の外形から得られた曲線を、楕円もしくは円で最小自乗近似して得られた、長径短径、もしくは半径を言う（図11）。

## 【0044】

この他にも、測定対象の視野に比べて広範囲の位置ずれ測定を行いたい場合は、位置あわせ用の低倍用のデータと、測定対象となる高倍のデータを組み合わせて測定する。その例を図12に従い説明する。

## 【0045】

低倍用のデータでマッチング検出を行う場合、上部の高倍部分に電磁的に視野を移動させて高倍画像を撮像し、高倍用のデータを使って位置を測定する。このときにマッチング検出は行わない。得られた位置を、電磁的に移動した量と倍率を考慮して低倍画像での位置に換算する。次いで、下部の高倍部分へ電磁的に視野を移動させて同様の測定を行う。これらの手順で得られた位置から上部と下部との位置間隔を測定できる。なお、この方式は電磁的に視野を移動しているが、距離測定の精度にかなう高精度ステージを使用して同様の処理を行うことも可能である。

## 【0046】

低倍用のデータでマッチング検出を行わない場合は、上部の高倍部分に視野を移動させて高倍画像を撮像し、高倍用のデータを使って位置を測定する。このときにマッチング検出を行う。得られた位置は、低倍画像での位置に換算する。次いで、下部の高倍部分へ電磁的あるいは距離測定の精度にかなう高精度ステージを使用して視野を移動させ、高倍画像を撮像し、高倍用のデータを使って位置を測定する。このときにはマッチング検出を行わない。得られた位置は、低倍画像での位置に換算する。これらの手順で得られた位置から上部と下部との位置間隔を測定できる。

## 【0047】

これらの測定は、撮像範囲内一カ所に限らず、同時に撮像された複数の箇所へ適用可能である。

## 【0048】

コーナー、長い配線、先端、孤立パターンを自動的に抽出して測定することも



可能である。この場合には抽出ルールをレシピ作成時に設定して行う。その抽出ルールは各種あるが、その例を図13に従い説明する。

#### 【0049】

コーナーは、所定角度（90度や270度など）で接触する2線分の接点近傍として抽出される。長い配線は、線幅分の間隔離れていて、指定長以上の長さをもつ並行した2線分である。先端は、線幅の長さをもつ線分で、その両端に所定長以上の他の線分が90度の角度をもって接している部分として抽出される。孤立パターンは、所定面積以下の閉図形として抽出される。

#### 【0050】

抽出された各部について、測定方式やそれに付随する選択肢が自動的に設定される。たとえば、パターンの位置ずれ測定が選択されれば、開始位置、検査箇所は1点かそれとも任意の幅をもった区間か、距離の平均かあるいは最大最小値、中央値、標準偏差か、などの各種特徴量の選択が行われる。

#### 【0051】

この手法を使用すれば、オペレータの入力などによる指定範囲を自動的に撮像し、該撮像範囲にある2次元パターンを、所定の抽出ルールに従い自動的に抽出した後、該抽出された2次元パターンの形状測定を行うという、フルオート化が実現される。

#### 【0052】

以上の測定結果は、出力部を経由して、各種測定量としてCRT、プリンタ、画像データベース、シミュレータなどの出力形式に変換されて出力される。

#### 【0053】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、これまで目視で行われていた2次元パターンの測定を定量的に高速に自動実施可能となる。また、CADを使った設計データと画像データのマッチング法を使った検査箇所の特定機能を併用することで、従来の画像と画像のマッチング法に比べて輝度の変化やパターンの変形に対して安定的に動作することができ、しかも検査箇所特定が自動で行われるので能率的で、パターン変形量の大きい場合でもエラーが起きにくい。さらに、測定時に欠陥検出を第一段に

実施することで、測定データの信頼性が向上する。また、黙視では測定が困難であったパターンの倍率変動、面積、円形度、モーメント、周囲長、あるいは、孤立パターンの重心の位置ズレ、さらには、終端先頭の位置ズレ、そして、コーナの曲率半径について、作業者の熟練度によらず正確に測定することが可能になる。そして、抽出ルールに従い指定範囲の全面自動検査が可能になり、同時、複数点測長を実現でき、検査速度など生産性向上を期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

しきい値法を使用したクリティカルディメンション測長による 2 次元パターン形状測定についての説明図。

【図 2】

測定箇所特定機能をもつ場合のクリティカルディメンション測長による 2 次元パターン形状測定についての説明図。

【図 3】

本発明に係る 2 次元クリティカルディメンションマイクロスコープの構成例を示したブロック図。

【図 4】

設計パターンの補正例について示した説明図。

【図 5】

ラインプロファイルの取得法について一例を示した説明図。

【図 6】

ラインプロファイルからパターン外形を示す点 Q を求める手法の説明図。

【図 7】

点 Q の集合からパターン外形を決定する手法の例について示した説明図。

【図 8】

パターンの位置ずれ検出についての説明図。

【図 9】

孤立パターンの特徴量検出についての説明図。

【図 1 0】

パターン終端の位置ずれ検出についての説明図。

【図 1 1】

パターンコーナーの曲率半径検出についての説明図。

【図 1 2】

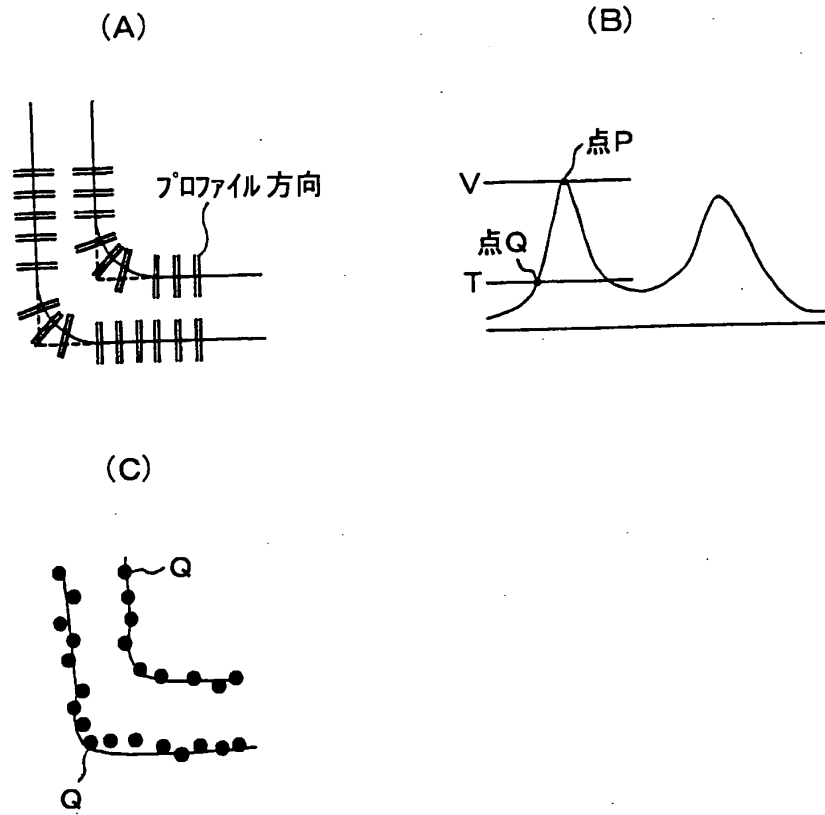
高倍画像組み合わせ測定についての説明図。

【図 1 3】

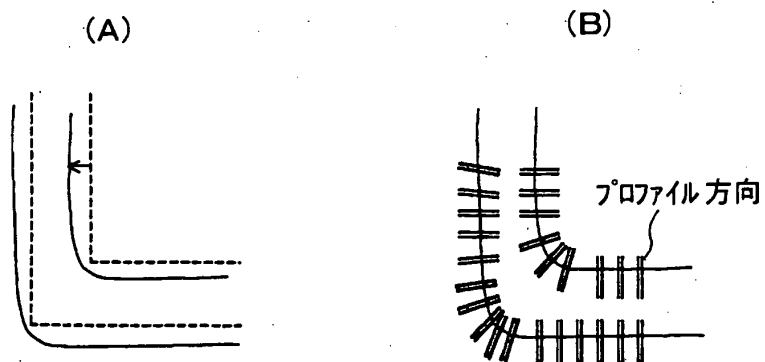
パターンの自動抽出の例について示した説明図。

【書類名】 図面

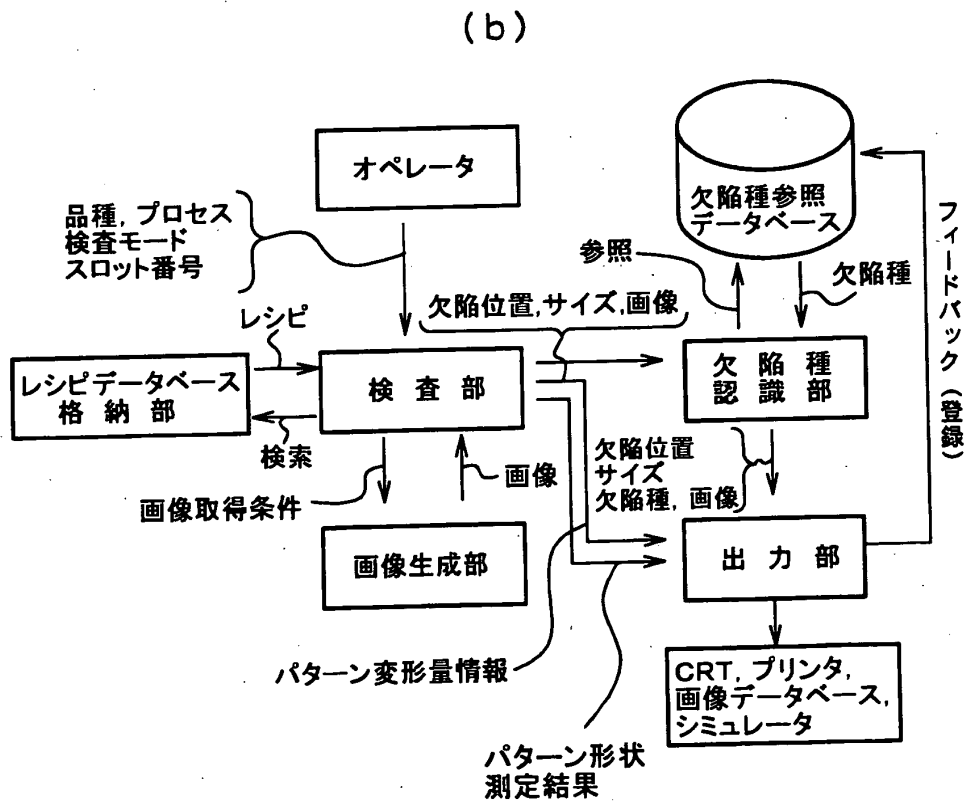
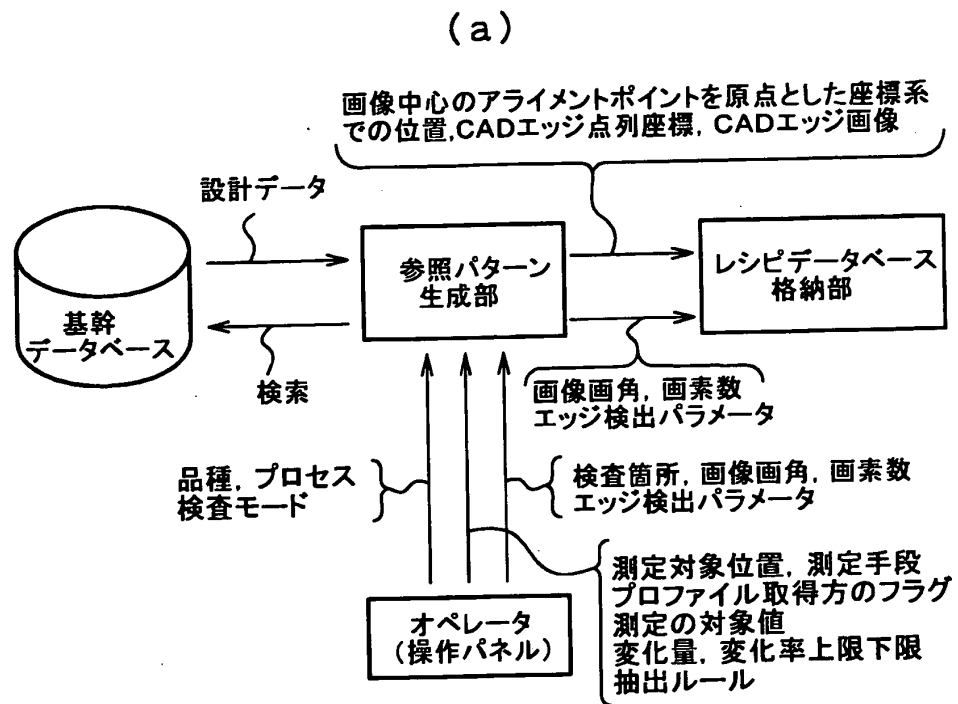
【図1】



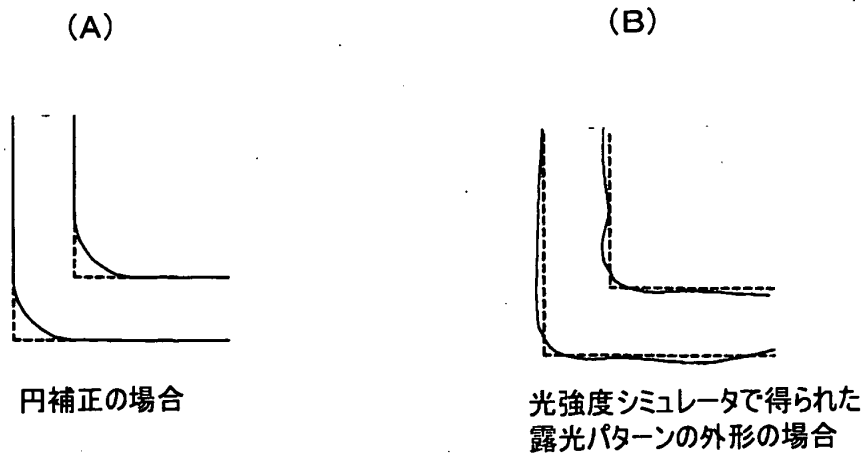
【図2】



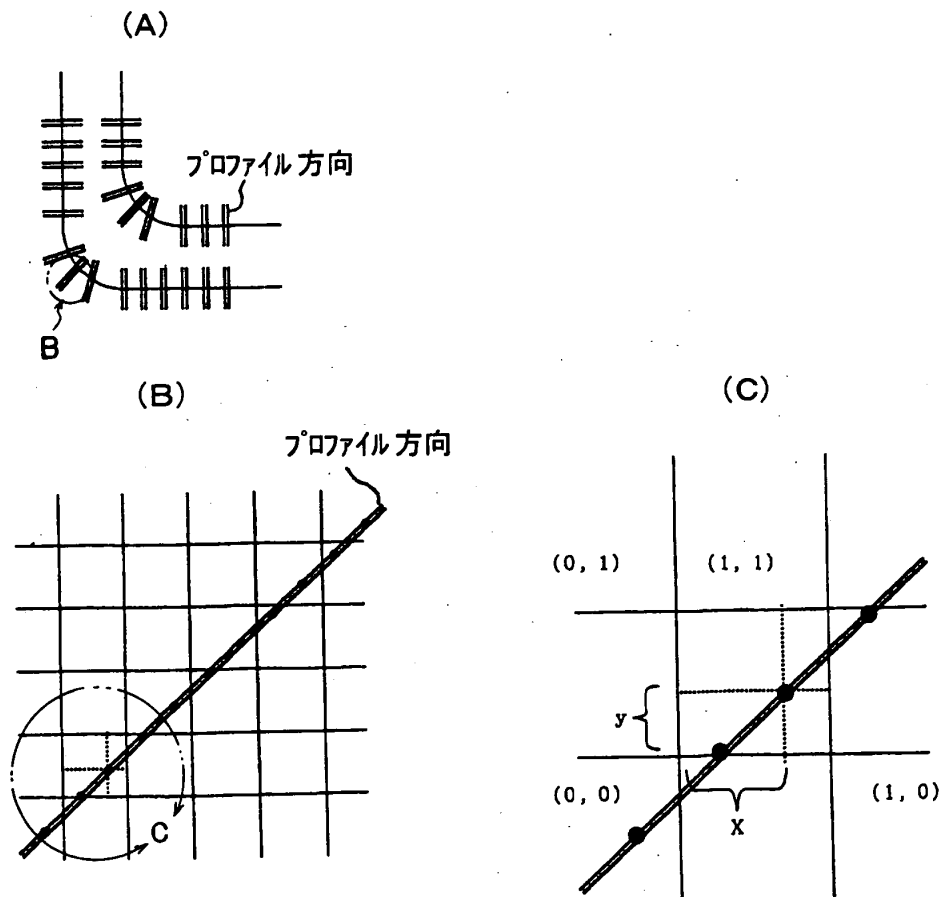
【図3】



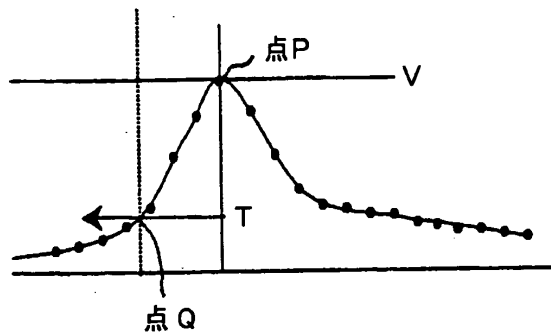
【図4】



【図5】

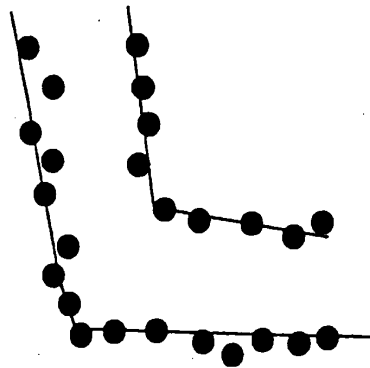


【図6】



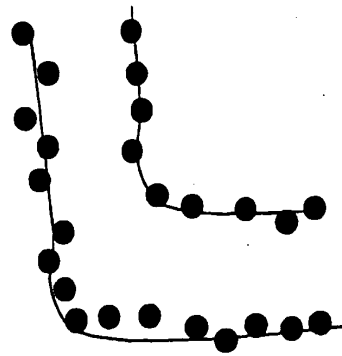
【図7】

(A)



分割融合法の例

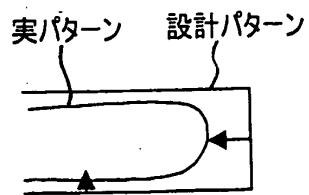
(B)



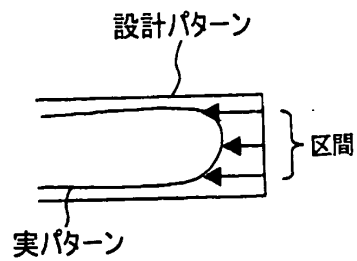
スプライン曲線による近似法

【図8】

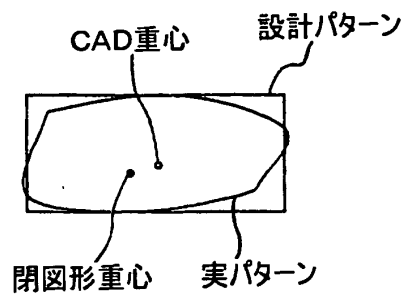
(A)



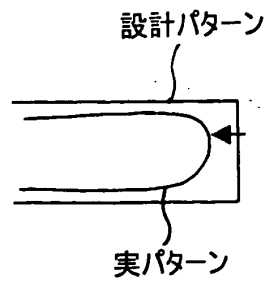
(B)



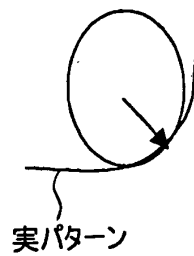
【図9】



【図10】

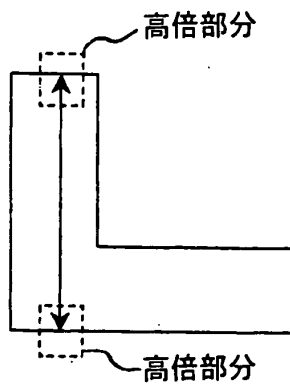


【図11】

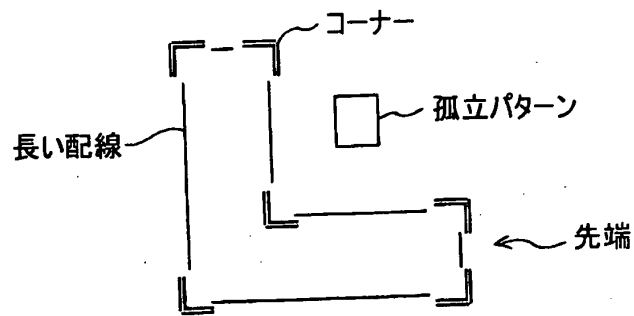




【図12】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 これまで目視で行われていた 2 次元パターンの測定を自動実施可能とする。

【解決手段】 クリティカルディメンション測長により 2 次元パターンの形状測定を行うようにした 2 次元クリティカルディメンションマイクロスコープを提供する。図 1 A のように、コーナーの丸みを考慮した設計パターン（実線）を想定し、その断面方向にサンプリング長を多数決定しておく（二重線）。実パターンの測定時には、そのサンプリングラインに沿って検査対象の 2 次元パターンのプロファイルを作成する。プロファイルは双一次補間などを使い求められ、図 1 B のように最大値  $V$  の位置  $P$  を求め、係数  $k$  をかけたしきい値  $T$  を求める。このしきい値  $T$  とプロファイルとの交点のうちパターン外側に該当する交点  $Q$  を求める。続いて図 1 C のように、各サンプリングラインごとの多数の交点  $Q$  につき、最小自乗法と 2 次元スプライン関数を使った平面データの平滑化による曲線近似を行えば 2 次元パターンの形状が測定される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[599120691]

1. 変更年月日

1999年 8月26日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県川崎市宮前区土橋4-11-4 パークヒルズ鷺宮3  
04

氏 名

山本 昌宏